

## INDONESIA STATISTICAL ANALYSIS CONFERENCE — 2013 —

# Daftar Isi

<b>Daftar Isi</b>	hal i-ii
<b>Analisis Pemanfaatan Limbah Cair dan Limbah Padat Industri Kelapa Sawit dalam Bioreaktor Anaerob</b> Muhammad Nur	1-9
<b>Optimasi Penjadwalan Produksi melalui Penerapan Algoritma Differential Evolution di PT. PAN PANEL Palembang</b> Y Dicka Pratama, Achmad Alfian	10-15
<b>Analisis Output Standar berdasarkan Pengukuran Waktu untuk Menentukan Pemberian Insentif Pekerja</b> Theresia Sunarni, Klaudius Jevanda B. S.	16-22
<b>Model Terintegrasi dari Consumer's Intention to Use Service Innovation</b> Sri Vandayuli Riorini	23-38
<b>Pola Distribusi dan Margin Pemasaran Beras di Jawa Timur</b> Annisa Kesy Garside, Yunan Syaifullah	39-44
<b>Prakualifikasi dan Evaluasi Penawaran dalam Pemilihan Kontraktor terhadap Kinerja Proyek</b> Herry Pintardy Chandra	45-53
<b>Perancangan Eksperimen Pengukuran Momen Inersial Roket</b> Andreas Prasetya Adi, Sutisno	54-58
<b>Penentuan Harga Jual Properti secara Otomatis menggunakan Metode Probabilistic Neural Network</b> Gregorius S. Budhi, Justinus Andjarwirawan, Alvin Poernomo	59-67
<b>Analisis Statistika Rantai Pasok Beras melalui Pasar Induk Beras Cipinang Jakarta</b> Dedy Sugiarto, Dadang Surjasa, Nirdukita Ratnawati, Binti Solihah	68-72
<b>Standarisasi Proses dan Komposisi Bahan Baku Kecap "SA" dengan Metode Taguchi</b> Reni Dwi Astuti	73-82
<b>Penerapan Design for Six Sigma dengan Metode DMAIC pada Bank Perkreditan Rakyat "X"</b> Mikael Harda Wibisono	83-90

# OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI MELALUI PENERAPAN ALGORITMA *DIFFERENTIAL EVOLUTION* DI PT PAN PANEL PALEMBANG

Yohanes Dicka Pratama<sup>1</sup>, Achmad Alfian<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Musi  
Jl. Bangau No.60 30113  
Email: tetotriyant@gmail.com

## Abstrak

Pada saat ini, setiap perusahaan khususnya yang bergerak di bidang manufaktur dituntut lebih efisien untuk dapat bersaing. Sistem manufaktur yang bertipe *job shop* memiliki permasalahan *combinatorial optimization* yang dapat dikategorikan ke dalam *nondeterministic polynomial hard* (NP-hard), artinya tidak dapat diketemukan algoritma yang eksak yang dapat memberikan solusi yang optimal. Dalam penelitian ini menggunakan algoritma *Differential Evolution* (DE) untuk menyelesaikan masalah yang ada. Algoritma DE adalah algoritma yang menggunakan prinsip evolusi biologi, yaitu inisialisasi populasi, proses mutasi, pindah silang, dan proses seleksi. Pada penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah meminimumkan *makespan* dan total biaya tenaga kerja langsung. Penelitian ini merupakan studi kasus dengan cara mengamati proses produksi produk LPC 7253. Produk ini merupakan produk jenis lemari pakaian yang memiliki 25 komponen yang harus dikerjakan yang kemudian disebut *job*. Hasil penelitian ini adalah diperoleh usulan penjadwalan dengan menghasilkan nilai *makespan* sebesar 221.17 jam. Ini lebih kecil dari penjadwalan perusahaan sebesar 279.5 jam, sehingga penurunan yang disumbangkan dari penjadwalan dengan algoritma DE ini adalah sebesar 20.87%. Selain itu terjadi penurunan biaya tenaga kerja langsung sebesar 14%, dari sejumlah Rp 26,448,491.00 menjadi sejumlah Rp 22,724,723.00.

**Kata kunci:** Algoritma DE, *Job Shop*, *Makespa*, *NP-Hard*, Penjadwalan,

## Pendahuluan

Dalam industri modern saat ini, setiap perusahaan dituntut lebih efisien untuk dapat bersaing. Untuk perusahaan manufaktur tujuan dari efisiensi ini adalah untuk meminimalkan biaya produksi. Upaya untuk mendapatkan keuntungan suatu perusahaan harus meminimalkan biaya produksi bukan menaikkan harga (Gaspersz, V. 2011). Salah satu biaya produksi adalah biaya tenaga kerja, terutama untuk industri padat karya.

Biaya tenaga kerja merupakan biaya yang cukup mahal. Saat ini, perusahaan dituntut memberikan kesejahteraan bagi para pekerjanya. Salah satu kewajiban perusahaan adalah pemberian upah yang layak untuk

para pekerjanya. Pada tahun ini saja upah minimum regional (UMR) untuk Provinsi Sumatera Selatan mengalami peningkatan yaitu menjadi Rp 1.630.000,00 (sumber: <http://www.metrotvnews.com/metronews/read/2013/01/24/6/125401/Besaran-UMP-Sumsel-sudah-Final>). Upah minimum regional (UMR) ini akan terus mengalami kenaikan untuk beberapa tahun ke depan. Untuk itu, perusahaan harus selalu berusaha untuk meminimalkan biaya tenaga kerja dalam setiap proses produksinya. Salah satu cara untuk meminimalkan biaya tenaga kerja adalah dengan melakukan penjadwalan produksi.

Penjadwalan produksi merupakan suatu hal penting dalam perencanaan produksi karena pada dasarnya merupakan rincian atau *output* akhir dari tahap perencanaan sebelum tahap implementasi dan pengendalian produksi. Penjadwalan merupakan suatu proses dari pemilihan, pengorganisasian, dan pemberian waktu dalam penggunaan sumber daya untuk melaksanakan aktivitas yang diperlukan agar menghasilkan *output* yang diinginkan dan memenuhi waktu serta kendala-kendala yang ada ( Hartini, S. 2010). Sumber daya yang digunakan untuk proses produksi adalah mesin, tenaga kerja, waktu, modal, dan teknologi.

Penelitian ini mengembangkan model penjadwalan untuk sistem manufaktur bertipe *job-shop*. Proses manufaktur bertipe *job-shop* memiliki ciri-ciri berikut: pengelompokan mesin menurut fungsi (*process layout*) sehingga tidak efisien, volume produksi kecil, tetapi lebih fleksibel untuk menerima jenis pesanan yang berbeda. Dari segi respon terhadap pasar, penjadwalan *job-shop* biasanya untuk produk yang bersifat *make-to-order*, yaitu untuk memenuhi variasi kebutuhan pasar atas *specialty products* (produk khas).

Dalam penyusunan suatu penjadwalan, khususnya yang bertipe *job shop*, merupakan permasalahan *combinatorial optimization* maka permasalahan penjadwalan seperti ini dapat dikategorikan ke dalam *nondeterministic polynomial hard* (NP-hard), yaitu suatu permasalahan yang tidak ditemukan informasi mengenai algoritma eksak yang dapat menemukan solusi secara optimal ( waktu komputasi proporsional terhadap  $Nn$ , dengan  $N$  adalah jumlah parameter yang dicari, dan  $n$  suatu konstanta integer) (Santoso B dan P. Willy, 2011). Walaupun ada algoritma yang dapat menemukan solusi optimal, ini akan menghabiskan waktu yang cukup lama, terutama jika permasalahannya kompleks. Untuk itu diperlukan suatu metode yang lebih baik dalam memecahkan permasalahan ini.

Mengingat PT Pan Panel merupakan perusahaan yang memiliki jumlah produk beserta *part-partnya* yang begitu kompleks, maka diperlukan suatu metode yang tepat untuk melakukan penjadwalan. Maka, dalam

penelitian ini akan digunakan metode yang baik yaitu, *Differential Evolution*. DE adalah salah satu teknik penjadwalan *heuristic* modern. DE memiliki kelebihan dibandingkan teknik *heuristic* modern lainnya, Salah satunya adalah strukturnya yang sederhana, mudah untuk diaplikasikan, cepat, dan tangguh. Selain itu, *Differential Evolution* ini sudah banyak digunakan dalam masalah-masalah optimasi penjadwalan produksi, khususnya *job shop*.

## Metode Penelitian

*Differential Evolution Algorithm* merupakan algoritma optimasi global yang efisien, yang didasarkan pada prinsip evolusi ( Price, 1999, dalam T.A, Kurniaputri.R, 2011). Hampir sama seperti algoritma evolusi lainnya, DE menggunakan individu sebagai representasi kandidat. Setiap individu didefinisikan sebagai vector berdimensi-d ( $X \in R^d$ ). Individu-individu tersebut merupakan

anggota populasi pada generasi ke-g. Populasi dapat dinotasikan sebagai  $P(g)=(X_a, X_b, \dots, X_{NP})$ . Notasi NP melambangkan ukuran populasi atau jumlah individu dalam populasi dalam satu generasi. Nilai NP tidak berubah selama proses pencarian ( Lopez, Willigenburg, dan Sraten, 2001. Dalam T.A. Kurniaputri.R, 2011).

Algoritma ini mengeksplorasi populasi solusi potensial untuk menyelidiki ruang pencarian mekanisme operasi mutasi, pindah silang sederhana, dan penyeleksian. Mutasi merupakan operasi utama yang memberi penekanan pada perbedaan sepanjang individu acak anggota populasi (Karaboga dan okdem, 2004. Dalam T.A. Kurniaputri. R, 2011). Pindah silang merupakan rekombinasi linier antara individu hasil mutasi ( *mutant vector* ) dengan satu orang tua ( *target vector* ) untuk menghasilkan satu anak ( *triad vector* ). Penyeleksian orang tua dengan satu anak bersifat deterministic (yang terbaik dari keduanya akan menjadi anggota generasi berikutnya), dengan membandingkan fungsi obyektif kedua individu yang erasing tersebut. Proses ini terulang sampai dicapai titik optimum atau mendekati optimum, berdasarkan kriteria terminasi.

Tahap-tahap dalam Algoritma DE meliputi inisialisasi, evaluasi, mutasi, pindah silang, evaluasi, dan penyeleksian. Tahap pengerjaan algoritmanya dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Algoritma *differential evolution*

Inisialisasi
Evaluasi
Ulangi
Mutasi
Pindah silang
Evaluasi
Penyeleksian
Sampai (ditemukan criteria terminasi)

(Sumber Karaboga, 2004. Dalam T.A., Kurniawati, R, 2011)

a. Inisialisasi

Tahap ini meliputi penetapan *parameter control* ( pengendalian parameter ) dan penginisialisasian populasi awal. Penentuan *parameter control* berdampak pada performa DE (efektifitas, efisiensi, dan ketangguhan). Tujuan penentuan *parameter control* adalah untuk menentukan solusi yang dapat diterima melalui sejumlah evaluasi fungsi. Tiga *parameter control* dalam DE antara lain:

- 1) *Parameter Control* mutasi, F- Faktor konstan dan real yang mengendalikan optimasi mutasi pada range  $[0,2]$
- 2) *Parameter Control* pindah silang, CR- mengendalikan operasi pindah silang, berada pada range  $[0,1]$
- 3) Ukuran populasi NP = jumlah anggota populasi dalam satu generasi. Umumnya  $NP = 10 \times d$ , di mana d adalah ukuran dimensi vector / individu atau jumlah parameter pada individu.

DE lebih sensitive terhadap pemilihan F dari pada CR. CR berperan sebagai *fine tuning element* (elemen penemuan), pada saat operasi pindah silang. CR yang tinggi, misal  $CR = 1$ , mempercepat terjadinya konvergensi. Terkadang untuk beberapa permasalahan nilai CR perlu diturunkan supaya DE lebih *robust* ( tangguh).

b. Evaluasi

Dari populasi yang ada tersebut dilakukan evaluasi, untuk menyesuaikan parameter ndividu mana yang layak dijadikan *target vector/target individual*.

c. Mutasi

Individu yang berperan sebagai *target individual* akan mengalami mutasi. Proses mutasi ini melibatkan beberapa individu (umumnya tiga). Proses mutasi diformulasikan dengan rumus

$$X_c^* = X_c + F ( X_a - X_b ) \quad \text{Pers. 1}$$

d. Pindah silang

Dalam rangka mencapai keragaman yang lebih tinggi, individu mutasi  $X_c$  dikawinkan dengan  $X_d$  ( individu target) menggunakan operasi pindah silang untuk menghasilkan keturunan atau *Trial Individual*. Gen *Trial Individual* diwariskan dari  $X_c$  dan  $X_d$  yang ditentukan melalui operator pindah silang (CR). CR member aturan berapa banyak rata-rata gen yang bertalian dari individu mutasi dikopi ke turunan.

e. Evaluasi

*Trial Individual* akan dievaluasi untuk menyesuaikan nilai parameter individu terhadap nilai fungsi objektifnya.

f. Penyeleksian

Terakhir dilakukan penyeleksian untuk memilih individu manakah yang akan menjadi anggota populasi generasi berikutnya. *Triad Individual* dapat menggantikan posisi *target individual* pada generasi berikutnya. Jika dan hanya jika nilai fungsi objektifnya lebih baik dari nilai fungsi objektif *target individual*.

g. Terminasi

Proses pencarian akan berhenti jika mencapai criteria teminasi. Criteria terminasi dapat ditentukan berdasarkan jumlah iterasi maksimum atau waktu proses.

## Hasil dan Pembahasan

Program yang digunakan untuk pengolahan data ini dibangun di atas program dasar *Visual Basic 6*. Perangkat digunakan adalah komputer dengan spesifikasi intel core i3 processor 2330 M( DDR3 1333 2GB, 14.0 HD/USB 3.0)



## 1. Input parameter

Dalam algoritma DE menggunakan empat parameter, yaitu parameter permutasi (F), pindah silang (CR), ukuran populasi (NP), dan iterasi (I). Daerah untuk input dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:

Gambar 1. Input parameter

## 2. Inpu data produksi

Data yang diinput ke dalam program adalah data produksi produk LPC 7253, yang terdiri dari 25 *job*. Input data produksi merupakan input untuk data-data seperti mesin yang digunakan, job-job yang akan dijadwalkan, urutan prosesnya, dan juga *assembly part*. Untuk lebih jelas mengenai cara input data produksi dapat dilihat pada Gambar 2 sampai Gambar 5 dibawah ini:

Gambar 2. Input mesin

Gambar 3. Input *job*

Gambar 4. Input urutan proses

Gambar 5. Input *assembly part*

Pencarian solusi dengan program yang dibentuk berdasarkan prinsi Algoritma DE, dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai parameter yang sudah ditentukan. Untuk parameter permutasi (F) sebesar 0.5, parameter pindah silang (CR) sebesar 0.6, parameter jumlah populasi sebesar 23, parameter iterasi sebesar 10. Output yang dihasilkan dari program dapat dilihat pada gambar 6.

Gambar 4. Hasil penjadwalan

Dari hasil menggunakan program *visual basic* dihasilkan waktu penyelesaian untuk permasalahan penjadwalan adalah sekitar 221,7 jam. Penjadwalan yang dilakukan ini melibatkan 25 *job* dan 13 buah mesin. Urutan penjadwalan yang dihasilkan adalah 23, 25, 14, 21, 20, 24, 3, 1, 13, 4, 6, 11, 2, 5, 7, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 8, 9, 22. Total biaya tenaga kerja langsung yang dihasilkan dengan *makespan* 221,7 jam adalah sebesar Rp 22.724.723,00. Hasil penjadwalan ini meningkatkan perbaikan karena minimasi *makespan* sekitar 20,87% dari penjadwalan yang dihasilkan oleh perusahaan. Untuk lebih lengkap mengenai perbandingan hasil penjadwalan DE dengan penjadwalan yang dilakukan perusahaan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.** Perbandingan penjadwalan DE dengan perusahaan

Fungsi Objektif	Perusahaan	DE	% Perubahan
<i>Makespan</i>	297,5 jam	221,17 jam	20,87
TBTKL (Rp)	26.448.491	22.724.723	14

TBTKL : total biaya tenaga kerja langsung.

Dalam penggunaan metode algoritma DE ini yang perlu menjadi perhatian adalah

#### 1. Pemilihan besarnya parameter

Dalam algoritma DE ada empat buah jenis parameter yaitu F untuk mutasi, CR untuk pindah silang, I untuk iterasi, dan NP untuk jumlah individu. Parameter yang akan dikontrol nilainya adalah parameter permutasi (F), dan pindah silang (CR). Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa nilai F dan CR akan sangat mempengaruhi hasil perhitungan. Sedangkan parameter yang lain, seperti jumlah populasi (NP), dan iterasi (I) hanya berfungsi sebagai penambah alternatif solusi optimal. Hal ini berarti semakin besar nilai NP dan I, akan semakin tinggi kemungkinan ditemukannya solusi optimal, karena semakin banyak alternatif solusi yang terbentuk. Namun, dalam penentuan parameter jumlah populasi (NP) dan iterasi (I) ini harus disesuaikan dengan kekompleksitasan masalah yang akan dipecahkan. Karena

semakin besar nilai parameter jumlah populasi (NP) dan iterasi (I) akan berdampak pada lamanya waktu komputasi bagi program.

Pemilihan parameter permutasi (F) sebaiknya berada pada level tertentu untuk mencegah terjadinya konvergensi prematur dan menghasilkan output yang optimal. Bila nilai F besar akan berdampak pada waktu komputasi yang lama. Nilai parameter F bila berada pada interval yang besar, maka akan terjadi pergerakan yang cukup besar dari populasi target ke populasi mutan. Dari hasil percobaan terhadap kemungkinan-kemungkinan interval parameter F yang mungkin, maka dapat diketahui kemungkinan nilai parameter F yang baik. Pada Tabel 3. dapat dilihat dari 27 kemungkinan, parameter F yang menghasilkan output yang optimal berada pada interval 0.5.

Sedangkan pemilihan parameter pindah silang (CR) yang besar akan mempercepat terjadinya konvergensi atau tercapainya solusi optimal. Namun, nilai parameter CR yang tinggi akan membuat DE menjadi tidak tangguh. Hal ini dikarenakan parameter CR yang besar dapat membuat banyak bilangan acak yang terbentuk berada di bawah CR. Sehingga sebagian besar populasi trial akan dibentuk dari populasi mutan. Dari hasil percobaan( tabel 3), maka besarnya nilai parameter CR yang akan digunakan adalah 0.6

Pada prinsipnya untuk pemilihan parameter Jumlah populasi (NP) dan iterasi (I), disesuaikan dengan kekompleksitasan masalah yang akan dicari solusinya. Semakin besar nilai akan semakin besar kemungkinan ditemukannya solusi yang optimal. Namun, dengan semakin besarnya nilai NP dan I program akan semakin lama dalam menemukan solusi. Hal ini terjadi karena akan semakin banyak individu yang harus dihitung oleh DE. Pada penelitian ini ditemukan bahwa nilai NP yang dapat digunakan untuk mencari solusi adalah sebesar 23. Pada nilai lebih besar dari 23 akan membuat pencarian solusi tidak efektif, karena DE akan menghitung

berulang-ulang kombinasi *job* yang sama. Begitu pun dengan nilai parameter I, dalam penelitian ini besarnya nilai parameter I yang digunakan adalah sebesar 10.

**Tabel 3.** Hasil percobaan parameter

No	Parameter		Fungsi Objektif	
	F	CR	Makespan (jam)	Biaya TKL (Rp)
1	0.3	0.4	238.27	24,133,215.18
2	0.3	0.6	268.53	25,871,093.28
3	0.3	0.8	290.73	29,576,295.54
4	0.5	0.4	239.91	27,118,959.12
5	0.5	0.6	233.5	23,971,476.36
6	0.5	0.8	258.34	24,311,320.14
7	0.7	0.4	235.08	25,101,593.28
8	0.7	0.6	266.96	26,289,258.54
9	0.7	0.8	255.73	25,693,021.74
10	0.9	0.4	245.18	25,698,594.84
11	0.9	0.6	263.33	26,973,955.80
12	0.9	0.8	264.81	28,524,886.74
13	1.1	0.4	264.89	26,195,038.98
14	1.1	0.6	268.54	25,974,359.58
15	1.1	0.8	266.98	26,647,142.34
16	1.3	0.4	259.8	25,880,978.52
17	1.3	0.6	236.94	25,806,897.00
18	1.3	0.8	275.99	26,948,660.64
19	1.5	0.4	249.78	25,145,146.44
20	1.5	0.6	304.01	31,635,227.46
21	1.5	0.8	302.68	31,016,652.25
22	1.7	0.4	258.48	26,101,680.48
23	1.7	0.6	248.37	25,496,841.96
24	1.7	0.8	275.8	25,981,347.00
25	1.9	0.4	267.85	26,077,751.04
26	1.9	0.6	262.49	26,692,065.06
27	1.9	0.8	270.46	24,550,741.38

Pada gambar 7 diperlihatkan data base perhitungan DE dengan nilai parameter NP dan I berturut-turut adalah 23 dan 10. Dari gambar dapat terlihat bahwa pada setiap iterasi dihasilkan output optimal yang sebagian besar sama yaitu 221.17. Artinya, program hanya melakukan perhitungan berulang-ulang pada solusi yang sama.

**Gambar 7.** Data base hasil iterasi

## 2. Urutan penjadwalan

Dalam penjadwalan produksi ini yang menjadi kendala adalah adanya beberapa *job* yang harus digabungkan ke dalam satu proses yaitu proses *assembling*. Dalam proses perakitan ini membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga waktu mulai operasi *job* yang harus dirakit ini pada proses sebelumnya harus diperhatikan. *Job* yang harus dirakit yaitu *job* 23, 24, 25; 13, 14, 15, 16, 17; 18, 19, 20, 21, 22. Selain *job* tersebut ada satu *job* yang bisa mengganggu untuk kelancara *job* yang lain yaitu *job* 3. Menurut hasil percobaan bila *job* 3 ini ditempatkan di depan dari *job* yang harus dirakit dipastikan waktu penjadwalan akan bertambah panjang. Hasil akhir menggunakan program DE, sehingga dihasilkan *makespan* yang lebih minimum disebabkan karena *job* 3 diproses setelah ada salah satu *subassembly* dikerjakan terlebih dahulu.

## Simpulan

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan di atas maka secara keseluruhan penggunaan algoritma *differential evolution* dapat digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan penjadwalan betipe *job shop*. Namun, yang harus diperhatikan adalah pemilihan nilai parameter, yaitu parameter F, CR, I, dan NP. Dalam penelitian ini menggunakan program dasar *visual basic*, didapat nilai parameter yang optimal yaitu F = 0,5; CR = 0,6; NP = 23; dan I = 10. Dengan nilai parameter tersebut



dihasilkan nilai *makespan* sebesar 221,7 jam. Penjadwalan dengan DE lebih baik sekitar 20,87% dari penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan.

#### **Daftar Pustaka**

- Anonim. 2013. *Besar UMP Sumsel Sudah Final*. (<http://www.metrotvnews.com/metronews/read/2013/01/24/6/125401/Besaran-UMP-Sumsel-sudah-Final>). diakses pada tanggal 27 Mei 2013).
- Gaspersz, V dan Avanti, F. 2011. *Intergrated Manajement Problem Solving: Panduan bagi Praktisi Bisnis dan Industri*. Bogor. Penerbit Vinchristo Publication.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Yogyakarta. Penerbit Graha Ilmu.
- Hartini, S. 2010. *Teknik Mencapai Produksi Optimal*. Cetakan I. Bandung. Penerbit Lubuk Agung.
- Kurniaputri, R. 2011. *Optimasi Penjadwalan Produksi Kemasan Kayu Dengan Sistem Job Shop Melalui Penerapan Algoritma Differential Evolution*. Tugas Sarjana. Depok.Ul.